Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 14, No. 2, December 2023, pp. 263-275
Original Research

Homepage: https://ijpr.um.ac.ir/

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۴، شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوم ۱۴۰۲، ص. ۲۷۵-۲۶۳
نوع مقاله: پژوهشی

https://doi.org/10.22067/ijpr.2023.84081.1064

Evaluation Plant Yield and Yield Components of Chickpea and Quinoa under Nitrogen and Intercropping Ratios of Chickpea and Quinoa

Elham Raftari[1*], Ali Nakhzari Moghaddam[2], Mehdi Mollashahi[2], Ebrahim Gholamalipour Alamdari[3]

Received: 11-09-2023
Revised: 22-10-2023
Accepted: 02-12-2023
Available Online: 21-02-2024

Cite this article:
Raftari, E., Nakhzari Moghaddam, A., Mollashahi, M., & Gholamalipour Alamdari, E. (2023). Evaluation plant yield and yield components of chickpea and quinoa under nitrogen and intercropping ratios of chickpea and quinoa. *Iranian Journal of Pulses Research*, *14*(2), 267-279. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.2023.84081.1064

Introduction

The practice of growing two or more crops simultaneously in the same field is called intercropping and it is a common feature in traditional farming of small landholders. It provides farmers with a variety of returns from land and labor, often increases the efficiency with which scarce resources are used, and reduces the failure risk of a single crop that is susceptible to environmental and economic fluctuation. There is another important way that without incurring additional costs and use of water and fertilizer could result in higher production. This approach is increasing agricultural production per unit area by growing more than one crop in a year. Intercropping will be successful when competition for sources is less than competition within a species. Plants in the mixture can be chosen in a way that a species benefits from environmental changes caused by other species in mixed cultures directly. Intercropping inhibits the growth and development of weeds and leads to increased production. Since the system will reduce pesticide use, environmental pollution will be also less proportionally. The objective of the present study was to study some traits of chickpea (plant height, number of pods per plant, number of seeds per plant, number of seeds per plant, 100-seed weight, and plant yield,) under application of nitrogen and planting pattern of chickpea and quinoa.

Materials and Methods

In order to study the effect of nitrogen and intercropping ratios of chickpea and quinoa on some traits of chickpeas, a factorial experiment based on randomized complete Block design (RCBD) was conducted with three replications at Gonbad Kavous University farm during the 2020-2021 growing season. Nitrogen factor was included three levels of non-application and application of 25 and 50 kg N/ha and the treatments of planting pattern were included 9 levels of sole cropping of chickpea, 67 % chickpea + 33 % quinoa, 50% chickpea + 50% quinoa, 33% chickpea + 67% quinoa, 100% chickpea + 33% quinoa, 100% chickpea + 50 % quinoa, 100% chickpea + 67% quinoa, 100% chickpea + 100% quinoa and sole cropping of quinoa. In sole cropping, the distance between the plants on the row for chickpea and quinoa was 10 cm. The operation of harvesting the entire plot was done by removing the border rows and half a meter from both sides of the middle rows. For analysis variance of data software of SAS Ver.9.1.3 was used and treatment mean differences were separated by the least significant difference (LSD) test at the 0.05 probability level.

Results and Discussion

The results of analysis variance showed that planting pattern and nitrogen had a significant effect on plant height, number of pods per plant, number of seeds per pod, number of seeds per plant, 100-seed weight, and plant yield chickpea and also plant height, number of seeds per plant, 1000-seed weight, and plant yield quinoa. Plant height in additive intercropping was more than in replacement intercropping but the number of pods per plant, number of seeds per pod, number of seeds per plant, 100-seed weight, seed weight per plant, and pods weight per plant in replacement treatments and sole cropping of chickpea was more than additive treatments. Nitrogen application increased all traits. Plant yield of quinoa in replacement intercropping of 33% quinoa instead of chickpea was greater than other treatments.

1, 2 and 3- Ph.D. Student, Assistant Professor and Associate Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad Kavous, Gonbad Kavous, Iran, respectively.
* Corresponding Author: raftari.elham@gonbad.ac.ir

However, the plant yield of chickpea in sole cropping of chickpea and replacement intercropping of 33% quinoa instead of chickpeas with 14.11 and 13.26 respectively, which was greater than other treatments.

Conclusions

Plant height in additive intercropping treatments was more than in replacement intercropping but the number of pods per plant, number of seeds per pod, number of seeds per plant, 100-seed weight, plant yield, and plant dry weight in replacement treatments and sole cropping of chickpea was more than additive treatments.

Keywords: Additive intercropping, Pod, Replacement intercropping, Seed weight

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 14, No. 2, December 2023, pp. 263-275
Original Research

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۴، شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوم ۱۴۰۲، ص. ۲۷۵-۲۶۳
نوع مقاله: پژوهشی

Homepage: https://ijpr.um.ac.ir/

https://doi.org/10.22067/ijpr.2023.84081.1064

ارزیابی عملکرد بوته و اجزای عملکرد نخود زراعی و کینوا تحت تأثیر نیتروژن و نسبت‌های کشت مخلوط نخود زراعی و کینوا

الهام رفتاری[1*]، علی نخزری مقدم[2]، مهدی ملاشاهی[2]، ابراهیم غلامعلی‌پور علمداری[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۱

چکیده:

به‌منظور بررسی اثر نیتروژن و نسبت‌های کشت مخلوط نخود زراعی و کینوا بر برخی ویژگی‌های نخود زراعی و کینوا، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه دانشگاه گنبدکاووس در سال زراعی ۱۴۰۰- ۱۳۹۹ اجرا گردید. عامل نیتروژن در سه سطح شامل عدم مصرف و مصرف ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و عامل الگوی کاشت در نه سطح شامل کشت خالص نخود زراعی و کینوا، کشت مخلوط جایگزین ۳۳، ۵۰ و ۶۷ درصد کینوا به‌جای نخود زراعی، کشت مخلوط افزایش ۳۳، ۵۰، ۶۷ و ۱۰۰ کینوا به نخود زراعی بودند. الگوی کاشت و نیتروژن اثر معنی‌داری بر ارتفاع بوته، تعداد غلاف و دانه در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد بوته نخود زراعی و همچنین بر ارتفاع بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد بوته کینوا داشت. ارتفاع بوته نخود زراعی در تیمارهای افزایشی بیش از جایگزین و کشت خالص نخود زراعی بود، امّا تعداد غلاف و دانه در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه و وزن خشک بوته نخود زراعی در تیمارهای خالص و جایگزین بیش‌تر از افزایشی بود. مصرف نیتروژن، همه ویژگی‌های نخود زراعی و کینوا را افزایش داد. عملکرد بوته نخود زراعی در تیمار کشت خالص و تیمارهای جایگزین بیش از افزایشی بود. با توجه به بالا بودن تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته و وزن ۱۰۰ دانه در تیمارهای خالص و جایگزین، این تیمارها عملکرد بوته بالاتری نسبت به تیمارهای افزایشی داشتند. زیادبودن تعداد دانه بوته و وزن دانه کینوا در تیمار کشت مخلوط جایگزین ۳۳ درصد کینوا به‌جای نخود زراعی باعث افزایش عملکرد بوته شد. کم بودن تراکم در تیمار کشت خالص و تیمارهای کشت مخلوط جایگزین باعث شد، بوته‌ها رقابت کمتری برای جذب آب، مواد‌غذایی و نور داشته باشند که این موضوع باعث افزایش عملکرد بوته شد.

واژه‌های کلیدی: غلاف؛ کشت مخلوط افزایشی؛ کشت مخلوط جایگزین؛ وزن دانه

مقدمه

یکی از روش‌های ایجاد پایداری و حفظ سلامت تولید در بوم‌نظام‌های کشاورزی، اجرای کشت مخلوط است. به‌منظور کاهش مصرف کود نیتروژن و همچنین کاهش اثرات نامطلوب آن استفاده از روش‌های کشاورزی پایدار از جمله کشت مخلوط در سیستم‌های کشاورزی با منابع محدود و کم‌نهاده توصیه شده است (Dai *et al.*, 2019). کشت مخلوط به‌عنوان یکی از شیوه‌های زراعی هم‌راستا با اهداف اکولوژیک (Raei *et al.*, 2011)، افزایش کارآیی مصرف منابع (Mushagalusa *et al.*, 2008) و پایداری عملکرد (Darbaghshahi *et al.*, 2012) همواره مطرح بوده است. لذا، به‌دلیل اهمیت آن، کشت مخلوط در شرایط اقلیمی گوناگون و مناطق مختلف جهان تکامل و گسترش یافته است (Maffei & Mucciarelli, 2003). از مهم‌ترین فواید کشت مخلوط نسبت به تک کشتی، افزایش تولید در واحد سطح به‌دلیل استفاده بهتر از عوامل محیطی مانند آب، مواد غذایی و نور می‌باشد (Ruhlemann & Schmidtke, 2015)، که این امر افزایش نسبت برابری زمین را نیز در سیستم‌های کشت مخلوط به‌همراه دارد (Chapagain & Riseman, 2014; Ren, 2016). مزیت نظام‌های کشت مخلوط جهت افزایش عملکرد به عوامل مختلفی از جمله ترکیب گیاهان (Mahmoodi *et al.*, 2014)، نوع رقم، تراکم گیاهی و سهم هر یک از گونه‌ها در کشت مخلوط (Hassan Zadeh Aval *et al.*, 2010) و فاصله قرارگیری از یکدیگر بستگی دارد. براساس پژوهش‌ها، هنگامی که دو گونه مختلف با

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی دکتری، استادیار و دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران.
(*- نویسنده مسئول: raftari.elham@gonbad.ac.ir)

ارتفاع بوته، پوشش گیاهی و الگوی رشد متفاوت همزمان در کشت مخلوط قرار گیرند، کمترین رقابت را با یکدیگر ایجاد می‌کنند و این موضوع سبب برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص می‌گردد (Crabtree *et al*., 2000). در واقع، در هر مزرعه تحت مدیریت کشت مخلوط، شرایط و ویژگی‌های منحصر به فردی مشاهده می‌شود که خاص همان مزرعه است. به عبارت دیگر، هر نوع مخلوط خاص گیاهان، پویایی بوم‌شناختی منحصر به فرد خودش را خواهد داشت. این پویایی‌ها می‌توانند مطالعه شوند و اثرات آن‌ها بر تولید تعیین شود (Ghorbani *et al*., 2010).

نیتروژن که مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی در بسیاری از نواحی دنیا است، در تمام مراحل رویشی گیاه مورد نیاز است (Ali, 2011). کشت مخلوط گندم- نخود سبب افزایش حاصلخیزی خاک گردیده و به‌عنوان یک روش سازگار با محیط زیست به‌واسطه کاهش نیاز به مصرف کودهای شیمیایی توصیه شده است (Akhtar *et al*., 2017). کودهای نیتروژن‌دار به احتمال زیاد مقدار ورود نیتروژن از قسمت‌های رویشی به دانه را در مقایسه با کربوهیدرات‌ها افزایش داده و موجب افزایش غلظت نیتروژن دانه و درصد پروتئین می‌شوند. با توجه به اینکه در مراحل اولیه رشد نیتروژن کافی در اختیار گیاه نیست، می‌توان از کود نیتروژن به‌عنوان افزایش‌دهنده رشد رویشی و تأمین کربوهیدرات لازم برای انتقال از گیاه به باکتری و همچنین افزایش عملکرد گیاه استفاده نمود (Doaei *et al*., 2019).

حبوبات گیاهانی از خانواده بقولات (Fabaceae) هستند که جهت تولید دانه‌هایی غنی از پروتئین برای تغذیه انسان کشت می‌شوند. این گیاهان به‌دلیل توانایی همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن می‌توانند بخش زیادی از نیتروژن موردنیاز خود را تأمین کنند (Khajehpour, 2014). در بین حبوبات، نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) گیاهی علفی، یک‌ساله و روزبلند است که از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است (Nasr Esfahani & Mostajeran, 2014).

کینوا گیاهی از خانواده تاج‌خروس (Amaranthaceae) می‌باشد. این گیاه با بیشینه بیش از پنج هزار سال، بومی بولیوی است. ارزش غذایی بسیار بالای دانه کینوا موجب مقایسه آن توسط FAO با شیرخشک گردیده است. محصول اصلی این گیاه دانه‌های کینوا است. بذور کینوا به‌طور متوسط دارای ۱۶ درصد پروتئین می‌باشد که بالاتر از مقدار پروتئین در بذر غلات است. از سوی دیگر، پروتئین کینوا دارای کیفیت بالایی است که این گیاه را به معیارها و استانداردهای فائو به‌منظور تغذیه انسان‌ها نزدیک کرده است (Abugoch et al., 2009).

در کشت مخلوط لگوم با غیرلگوم، مصرف نیتروژن توسط غیرلگوم به‌علت کاهش نیتروژن خاک موجب تحریک فعالیت باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن شد و در نتیجه، میزان تثبیت نیتروژن در سیستم‌های کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی افزایش یافت (Scalise *et al*., 2015). در بررسی نجفی و کشته‌گار (Najafi & keshtehgar, 2014) کشت مخلوط حبوبات با گیاهان غیر حبوبات علاوه‌بر استفاده صحیح و بهینه و عادلانه از منابع از جمله زمین و نیروی کار، باعث افزایش بهره‌وری در واحد سطح و تقویت بهره‌وری کل در واحد سطح و زمان شد. در بررسی رفتاری و همکاران (Ratari *et al*., 2019) مصرف نیتروژن نسبت به عدم مصرف آن در کشت مخلوط کاهو و نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) باعث افزایش ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد غلاف در بوته نخودفرنگی شد. بیشترین ارتفاع بوته مربوط به تیمارهای افزایش ۱۰۰ و ۶۷ درصد کاهو به نخودفرنگی بود. بیشترین تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد غلاف در بوته نخودفرنگی از تیمار کشت مخلوط جایگزین ۶۷ درصد کاهو به‌جای نخودفرنگی به‌دست آمد.

در بررسی یلدریم و توران (Yildirim & Turan, 2013) سیستم کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی بر وزن بوته تأثیر گذاشت. در بررسی خلیل‌زاده و همکاران (Khalilzade *et al*., 2016) استفاده از کود زیستی مزورایزوبیوم و کود نیتروژن موجب افزایش ارتفاع بوته، تعداد ساقه در بوته و به‌دنبال آن، عملکرد گیاه ذرت به‌دلیل تأمین بخشی از نیتروژن مورد نیاز گیاه شد. میزان نیتروژن خاک در سومین نمونه‌برداری کاهش و در چهارمین نمونه‌برداری افزایش یافت. علت آن، افزایش و کاهش جذب نیتروژن توسط ذرت در دوره رشد ذکر شد. نتایج بررسی کشت مخلوط لگوم‌ها و ذرت با مصرف کود اوره نشان داد که کشت همزمان ذرت با گیاهان خانواده پروانه‌آسا باعث افزایش فراهمی نیتروژن در خاک اطراف ریشه‌ها و در نتیجه، جذب مقادیر بیش‌تر نیتروژن توسط گیاه و افزایش درصد نیتروژن بافت‌های آن می‌شود، به‌طوری‌که کشت همزمان ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی بیش‌ترین مقدار نیتروژن موجود در بافت‌های ذرت را با میانگین ۱/۳۲ درصد به‌خود اختصاص داد (Alibakhshi & Mirzakhani, 2016). سلیمان‌پور و همکاران (Soleimanpour *et al*., 2018) با بررسی جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌وسیله گیاهان زراعی و علف‌های هرز

در الگوهای مختلف کشت مخلوط گزارش کردند که کشت مخلوط می‌تواند با کاهش جذب عناصر غذایی توسط علف‌های هرز موجب افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاهان زراعی و در نتیجه، افزایش کارآیی کشت مخلوط (افزایش عملکرد) نسبت به کشت خالص شود. با توجه به اطلاعات اندک در زمینه کشت مخلوط نخود زراعی و کینوا، هدف از این مطالعه بررسی تأثیر نیتروژن و نسبت‌های کشت مخلوط این دو گیاه بر عملکرد برخی ویژگی‌های کمّی و کیفی نخود زراعی بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گنبدکاووس در سال زراعی ۱۴۰۰- ۱۳۹۹ اجرا گردید. مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- مشخصات خاک مزرعه دانشگاه گنبد کاووس در محدوده آزمایش

Table 1- Soil characteristics of Gonbad Kavous University farm in the range of test

بافت Texture	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) P ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن (درصد) N (%)
سیلتی لومی Silty loam	0.78	0.77	7.94	409	11	0.08

عامل نیتروژن در سه سطح شامل عدم مصرف و مصرف ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره و الگوی کاشت در نه سطح شامل کشت خالص نخود زراعی، کشت مخلوط جایگزین ۶۷ درصد نخود زراعی و ۳۳ درصد کینوا، ۵۰ درصد نخود زراعی و ۵۰ درصد کینوا، ۳۳ درصد نخود زراعی و ۶۷ درصد کینوا، کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد نخود زراعی و ۳۳ درصد کینوا، کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد نخود زراعی و ۵۰ درصد کینوا، کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد نخود زراعی و ۶۷ درصد کینوا، کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد نخود زراعی و ۱۰۰ درصد کینوا و کشت خالص کینوا بودند. در این بررسی، از رقم آزاد نخود زراعی و رقم Titicaca کینوا استفاده شد. تعداد ردیف‌های کاشت در کشت خالص چهار خط، کشت مخلوط جایگزین ۵۰ درصد به‌صورت نخود زراعی- کینوا- نخود زراعی- کینوا، کشت مخلوط جایگزین ۶۷ درصد نخود زراعی و ۳۳ درصد کینوا و ۳۳ درصد نخود زراعی و ۶۷ درصد کینوا پنج خط به‌صورت کینوا- نخود زراعی- نخود زراعی– کینوا- نخود زراعی و کینوا- نخود زراعی- کینوا- کینوا- نخود زراعی و در کشت مخلوط افزایشی شامل هشت خط و به‌صورت یک در میان به‌فاصله ۲۰ سانتی‌متر از هم بود. طول هر کرت چهار متر و عمق کاشت بذر نخود زراعی حدود سه سانتی‌متر و کینوا یک سانتی‌متر بود. در زمان کاشت، ۱۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار مصرف گردید. کشت در اواخر آذر ماه ۱۳۹۹ انجام شد. کود نیتروژن خالص (با منشأ اوره ۴۶ درصد) با توجه به میزان تعیین‌شده در تیمارها به‌صورت پایه و سرک (هر یک ۵۰ درصد) مصرف شد. کود سرک در زمان پرشدن دانه نخود زراعی همزمان با کاهش تثبیت نیتروژن مصرف شد. در کشت خالص، فاصله بوته روی ردیف برای نخود زراعی و کینوا ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در طول دوره رشد با علف‌های هرز به‌صورت مکانیکی (وجین دستی) و با آفات (دیازینون یک لیتر در هکتار همراه با استامی‌پراید ۰/۳۷۵ کیلوگرم در هکتار) و بیماری‌ها (داکدنیل دو کیلو در هکتار) به‌صورت شیمیایی مبارزه شد. عملیات برداشت کل کرت با حذف ردیف‌های حاشیه و ۰/۵ متر از دو طرف ردیف‌های وسط انجام شد. برای تعیین وزن خشک، نمونه‌ها خرد و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت (حدود ۴۸ ساعت) در داخل آون الکتریکی در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند.

برای تعیین درصد پروتئین، ابتدا دانه‌های خشک شده آسیاب و به‌صورت پودر درآمدند و سپس مقدار ۰/۵ گرم از هر کرت انتخاب و درصد نیتروژن دانه با استفاده از دستگاه‌های هضم مدل ۱۰۱۵، تقطیر کجلدال و دستگاه تیتراسیون مدل ۱۰۳۰ (شرکت Tecator کشور سوئد) تعیین گردید. برای این کار از روش AOAC (2003) استفاده شد. بر این اساس، مقدار یک گرم از نمونه در لوله هضم ریخته شد. پس از آن، پنج گرم کاتالیزور (۳/۵ گرم سولفات مس + ۰/۵ گرم اکسید سلنیوم + ۹۶ گرم سولفات پتاسیم) و ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک تجاری غلیظ به لوله هضم افزوده شد و به‌مدت ۱/۵ ساعت در دستگاه هضم کجلدال قرار داده شد. پس از انجام هضم، لوله‌ها کاملاً سرد و سپس با دستگاه تمام اتوماتیک کجلدال تقطیر شده تا پروتئین آن جدا شود. برای این کار، اسید بوریک دو

درصد به‌مقدار ۴۰ میلی‌لیتر همراه با سه قطره معرف متیل رِد در یک قسمت دستگاه در درون بشر ریخته و در طرف دیگر لوله آزمایش حاصل از هضم قرار داده شد. پس از اتمام کار دستگاه کجلدال، محلول موجود در بشر با اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال تیتر شد. سپس، میزان نیتروژن هر نمونه از فرمول ۱/۴۰۰۷ × ۰/۱ × اسید مصرفی = CP محاسبه شد. در نهایت، درصد پروتئین از حاصل‌ضرب درصد نیتروژن در ۵/۴۵ به‌دست آمد (Sosulski & Holt, 1998).

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS Ver. 9.1 انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد بوته نخود زراعی

نتایج تجزیه واریانس حاکی از معنی‌دار شدن اثر الگوی کاشت بر ویژگی‌های مورد بررسی در سطح یک درصد بود. تأثیر نیتروژن بر تعداد دانه در غلاف، تعداد در بوته و وزن ۱۰۰ دانه در سطح پنج درصد و بر بقیه ویژگی‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

مقایسه میانگین تأثیر نیتروژن و الگوی کاشت بر ویژگی‌های مورد بررسی نخود زراعی

ارتفاع بوته: با افزایش مصرف نیتروژن ارتفاع بوته هم افزایش یافت (جدول ۳). ارتفاع بوته نخود زراعی با مصرف ۵۰ و ۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ۷۳/۴۷ و ۷۱/۶۵ سانتی‌متر رسید که اختلاف معنی‌داری بین این دو تیمار وجود نداشت، در حالی که در تیمار عدم مصرف نیتروژن ارتفاع بوته ۶۸/۱۶ سانتی‌متر بود. دلیل این امر را می‌توان به تأثیر نیتروژن بر تولید مواد فتوسنتزی بیش‌تر افزایش طول میان‌گره‌های ساقه و رقابت بین ساقه‌ها دانست. کیانی و همکاران (Kiani *et al*., 2015) نشان دادند که ارتفاع ساقه بوته جو (*Hordeum vulgare* L.) با افزایش مصرف نیتروژن افزایش یافت. با مصرف ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین ارتفاع بوته به‌میزان ۸۷/۲ سانتی‌متر مشاهده شد.

جدول ۲- میانگین مربعات اثر الگوی کاشت و نیتروژن برای ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد بوته نخود زراعی

Table 2- Mean of squares of planting pattern and nitrogen for plant height, number of pods per plant, number of seeds per pod, number of seeds per plant, 100-seed weight , and plant yield of chickpea

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	ارتفاع بوته Plant height	تعداد غلاف در بوته Pods per plant	تعداد دانه در غلاف Seeds per pods	تعداد دانه در بوته Seeds per plant	وزن ۱۰۰ دانه 100-seed weight	عملکرد بوته Plant yield
تکرار Replication	2	6.973^{ns}	29.90^{ns}	0.0001^{ns}	19.27^{ns}	86.58^{ns}	0.789^{ns}
الگوی کاشت Planting pattern (P)	7	84.91^{**}	839.7^{**}	0.011^{**}	900.7^{**}	772.4^{**}	76.55^{**}
نیتروژن Nitrogen (N)	2	174.4^{**}	872.4^{**}	0.011^{*}	972.7^{*}	838.3^{*}	81.30^{**}
الگوی کاشت × نیتروژن (P × N)	14	6.131^{ns}	12.84^{ns}	0.0001^{ns}	14.18^{ns}	1.637^{ns}	1.281^{ns}
خطا Error	46	23.94	37.74	0.003	43.80	237.1	3.187
ضریب تغییرات CV (%)	-	6.88	13.96	6.75	16.86	6.00	17.57

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود تفاوت معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns, * and **: Non significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر مصرف نیتروژن بر ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد بوته نخود زراعی

Table 3- The mean comparison of nitrogen consumption plant height, number of pods per plant, number of seeds per pod, number of seeds per plant, 100-seed weight, and plant yield of chickpea

صفات Traits / نیتروژن N	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pods	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100-seed Weight (g)	عملکرد بوته (گرم) Plant yield (g)
0	68.16[b*]	37.72[c]	0.857[b]	32.63[c]	251.7[b]	8.272[c]
25	71.65a	44.59[b]	0.888[ab]	39.99[b]	254.4[ab]	10.27[b]
50	73.47a	49.74[a]	0.899[a]	45.10[a]	263.1[a]	11.95[a]
LSD (%5)	2.84	3.57	0.03	3.84	8.95	1.04

* حروف غیر مشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

* Different alphabets in each column indicate significant differences at p≤0.05 based on LSD.

بیش‌ترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار کشت مخلوط افزایش ۱۰۰ درصد کینوا به نخود زراعی با ۷۴/۶۶ سانتی‌متر بود که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای دیگر کشت مخلوط افزایشی و تیمار کشت مخلوط جایگزین ۶۷ درصد کینوا به‌جای نخود زراعی نداشت (جدول ۴). با افزایش تراکم، نور کمتری به داخل پوشش گیاهی نفوذ می‌کند و اکسین تجزیه نمی‌شود، این امر باعث افزایش ارتفاع می‌شود. پایین بودن ارتفاع بوته در تیمارهای کشت خالص نخود زراعی و کشت مخلوط جایگزین با درصد بالای نخود زراعی را می‌توان به افزایش تجزیه اکسین نسبت داد. با توجه به رشد مستقیم کینوا با ارتفاع زیاد از نخود زراعی، فضای بیش‌تری برای نخود زراعی در کشت مخلوط جایگزین با ردیف کم نخود زراعی فراهم شد لذا، ارتفاع بوته نسبت به کشت خالص نخود زراعی افزایش یافت. در بررسی اهلاوات و گنجایه (Ahlawat & Gangaiah, 2010) نخود زراعی در کشت مخلوط با کتان ارتفاع بیش‌تری نسبت به کشت خالص داشت.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر الگوی کاشت بر ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد بوته نخود زراعی

Table 4- The mean comparison of planting pattern on plant height , number of pods per plant, number of seeds per pods, number of seeds per plant, 100- seed weight, and plant yield chickpea

صفات Traits / الگوی کاشت Planting pattern	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) plant height (cm)	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pods	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100-seed weight (g)	عملکرد بوته (گرم) Plant yield (g)
1	68.63[bc]	56.38[a]	0.928[a]	52.35[a]	268.8[a]	14.11[a]
2	67.86[bc]	54.03[ab]	0.917[ab]	49.80[ab]	266.4[ab]	13.26[ab]
3	66.52[c]	50.41[bc]	0.897[abc]	45.35[bc]	262.6[abc]	11.95[bc]
4	71.41[ab]	46.00[cd]	0.894[abc]	41.42[cd]	257.9[abc]	10.71[cd]
5	72.12[ab]	43.59[de]	0.881[abc]	38.44[de]	253.9[bcd]	9.740[de]
6	73.36[a]	38.66[ef]	0.870[bcd]	33.85[ef]	251.3[cd]	8.509[ef]
7	74.19[a]	34.24[fg]	0.845[cd]	29.03[fg]	248.5[cd]	7.626[fg]
8	74.66[a]	28.83[g]	0.821[d]	23.71[g]	241.8[d]	5.749[g]
LSD (%5)	4.64	5.83	0.06	23.71	14.61	1.69

* حروف غیر مشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

۱: کشت خالص نخود زراعی، ۲: کشت مخلوط جایگزین ۳۳ درصد کینوا به‌جای نخود زراعی، ۳: کشت مخلوط جایگزین کینوا به‌جای نخود زراعی، ۴: کشت مخلوط جایگزین ۶۷ درصد کینوا به‌جای نخود زراعی ۵: کشت مخلوط افزایش ۳۳ کینوا به نخود زراعی ۶: کشت مخلوط افزایش کینوا به نخود زراعی، ۷: کشت مخلوط افزایش ۶۷ کینوا به نخود زراعی، ۸: کشت مخلوط افزایش ۱۰۰ کینوا به نخود زراعی

* Different alphabet in each column indicate significant difference at p≤0.05 based on LSD.

1: Sole cropping of chickpea, 2: 33% quinoa instead of chickpea, 3: 50% quinoa instead of chickpea, 4: 67%quinoa instead of chickpea, 5: 100% chickpea + 33% quinoa, 6: 100% chickpea + 50% quinoa, 7:100% chickpea + 67% quinoa, 8: 100% chickpea + 100% quinoa

تعداد غلاف در بوته: مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین تعداد غلاف در بوته با ۴۹/۷۴ مربوط به کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کمترین تعداد غلاف در بوته با ۳۷/۷۲ مربوط به تیمار عدم مصرف نیتروژن بود (جدول ۳). افزایش تعداد غلاف در بوته همراه با افزایش سطح نیتروژن را می‌توان به تأثیر مثبت آن در لقاح و تشکیل دانه به‌دلیل

افزایش فتوسنتز و انتقال بهتر مواد غذایی به غلاف نسبت داد. فراهمی سطوح متعادل نیتروژن سبب افزایش توسعه کانوپی می‌شود و انرژی تشعشعی بیش‌تری جذب گیاه می‌شود که منجر به افزایش اجزای عملکرد از جمله تعداد غلاف در گیاه می‌گردد، نتیجه حاصل از بررسی کشت مخلوط نخود زراعی و کاهو نشان داد که با افزایش مصرف نیتروژن تا ۵۰ کیلوگرم در هکتار (حداکثر مصرف) تعداد غلاف در بوته نخود زراعی هم افزایش یافت (Mohammadipour *et al*., 2022).

تعداد غلاف در بوته در تیمارهای کشت خالص و ۶۷ درصد کینوا به‌جای نخود زراعی بیش از تیمارهای دیگر بود. در واقع، مطلوب بودن شرایط برای رشد نخود زراعی با توجه به نوع رشد کینوا و کاهش تعداد ردیف نخود زراعی را می‌توان عامل اصلی افزایش تعداد غلاف در بوته نخود زراعی به‌علت رقابت کم بین بوته‌ها دانست (جدول ۴). در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی، تعداد غلاف در بوته کمتر از تیمارهای کشت مخلوط جایگزین بود. در این تیمارها، افزایش تراکم، رقابت بین بوته‌ها را بیش‌تر کرد لذا، تعداد غلاف در بوته نخود زراعی کاهش یافت. در بررسی ظریف‌پور و همکاران (Zarifpour *et al*., 2014) بیش‌ترین تعداد غلاف در بوته نخود زراعی مربوط به تیمار ۸۰ درصد زیره و ۲۰ درصد نخود بود که این افزایش به کاهش رقابت درون گونه‌ای نخود و افزایش نور در کانوپی نسبت داده شد.

تعداد دانه در غلاف: مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین تعداد دانه در غلاف با ۰/۸۹۹ مربوط به کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود که با کاربرد ۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با ۰/۸۸۸ تفاوت معنی‌داری نشان نداد. کمترین تعداد دانه در غلاف از تیمار عدم مصرف نیتروژن با ۰/۸۵۷ به‌دست آمد (جدول ۳).

تعداد دانه در غلاف در تیمارهای کشت خالص نخود زراعی و جایگزین بیش از تیمارهای افزایشی (به‌جز افزایش ۳۳ درصد کینوا به نخود زراعی) بود (جدول ۴). افزایش رقابت بین بوته‌های نخود زراعی و کینوا در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی باعث کاهش تعداد دانه در غلاف در این تیمارها شد. در واقع، افزایش تراکم در این تیمارها با وجود ثابت بودن تعداد بوته نخود زراعی در واحد سطح باعث افزایش رقابت شد، درحالی‌که در تیمارهای کشت خالص و مخلوط جایگزین فرصت کافی برای رشد بهتر بوته‌های نخود زراعی با توجه به رشد با ارتفاع زیاد کینوا فراهم شد. در بررسی گیل و همکاران (Gill *et al*., 2009) تعداد دانه در گندم در کشت مخلوط با نخود ۶۳۵ بود که نسبت به کشت خالص ۴۰۵ بیشتر بود. آنان دلیل افزایش دانه را گسترش ریشه‌ها و استفاده از حجم بیشتری از خاک به‌خصوص مواد غذایی همچون فسفر اعلام کردند.

تعداد دانه در بوته: تعداد دانه در بوته متأثر از تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف است. افزایش این دو ویژگی در کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث شد بیش‌ترین تعداد دانه در بوته با ۴۵/۱۰ مربوط به این تیمار باشد. کمترین تعداد دانه در بوته با ۳۲/۶۳ مربوط به تیمار عدم مصرف نیتروژن بود (جدول ۳). این مسئله بیانگر تأثیر نیتروژن بر باروری گل‌ها، تشکیل غلاف، تعداد دانه در غلاف و تعداد دانه در بوته می‌باشد.

بالا بودن تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف در تیمار کشت خالص نخود زراعی نیز باعث افزایش تعداد دانه در بوته در این تیمار شد، به‌طوری‌که حداکثر تعداد دانه در بوته در این تیمار با ۵۲/۳۵ مشاهده شد (جدول ۴). تیمارهای کشت مخلوط جایگزین تعداد دانه در بوته بیش‌تری نسبت به تیمارهای کشت مخلوط افزایشی داشتند. در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی، هم کاهش تعداد غلاف در بوته و هم تعداد دانه در غلاف باعث کاهش تعداد دانه در بوته شد. کاهش تراکم نخود زراعی در واحد سطح در تیمارهای کشت مخلوط جایگزین میزان رقابت درون گونه‌ای را کاهش داد و این امر منجر به افزایش این ویژگی شد. احمدوند و حاجی‌نیا (Ahmadvand & Hajinia, 2015) با بررسی کشت مخلوط جایگزین سویا و ارزن معمولی، بیش‌ترین تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته را در نسبت‌های برابر سویا و ارزن (۵۰:۵۰) گزارش کردند. در بررسی علی‌زاده و همکاران (Alizadeh *et al*., 2010) لوبیا در کشت مخلوط با ریحان رویشی از کشت خالص تعداد دانه در بوته بیش‌تری تولید کرد.

وزن ۱۰۰ دانه: همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، مصرف کود نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر وزن ۱۰۰ دانه نخود زراعی داشت. حداکثر وزن ۱۰۰ دانه نخود زراعی با ۲۶۳/۱ گرم به کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تعلق داشت که این تیمار تفاوت معنی‌داری با کاربرد ۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با وزن ۱۰۰ دانه ۲۵۴/۴ گرم نداشت. وزن ۱۰۰ دانه نخود زراعی در تیمار عدم مصرف نیتروژن ۲۵۱/۷ گرم بود. در تیمار عدم مصرف نیتروژن دانه‌های ریزتری تولید شد. مصرف نیتروژن سبب بهبود ظرفیت فتوسنتزی در دوره قبل از گل‌دهی نخود زراعی می‌شود و در مرحله پس از گل‌دهی، با انتقال مجدد این مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن و همچنین فتوسنتز بیشتر در دوره زایشی، وزن هزار دانه را بهبود می‌بخشد. نتایج حاصل از بررسی کشت مخلوط نخودفرنگی و کاهو نشان داد که بیش‌ترین و کمترین وزن ۱۰۰ دانه

نخودفرنگی با ۵۴/۹۸ و ۵۲/۰۴ گرم به‌ترتیب مربوط به تیمارهای مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (بیش‌ترین مقدار) و عدم مصرف نیتروژن بود (Raftari *et al*., 2019).

در تیمار کشت خالص نخود زراعی بالاترین وزن ۱۰۰ دانه با ۲۶۸/۸ گرم مشاهده شد که با تیمارهای کشت مخلوط جایگزین اختلاف معنی‌داری نداشت. در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی، کمترین وزن ۱۰۰ دانه نخود زراعی با ۲۴۱/۸ گرم به تیمار کشت مخلوط افزایش ۱۰۰ درصد کینوا به نخود زراعی تعلق داشت. افزایش تراکم در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی که طبعاً دریافت نور توسط هر بوته نخود زراعی را کاهش داد، شرایط را برای پرشدن دانه نامناسب کرد و به این ترتیب، وزن دانه کاهش یافت. بررسی کشت مخلوط ذرت و سویا نشان داد که کشت خالص ذرت بیش‌ترین وزن ۱۰۰ دانه را داشت (Undie *et al*., 2012). وزن ۱۰۰ دانه نخودفرنگی در تیمارهای کشت خالص نخودفرنگی و کشت مخلوط جایگزین با اسفناج، بیش از تیمارهای کشت مخلوط افزایشی بود (Nakhzari Moghaddam *et al*., 2019).

عملکرد بوته: عملکرد بوته در تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیش از دو تیمار کودی دیگر بود. حداقل عملکرد بوته به تیمار عدم مصرف کود نیتروژن مربوط بود (جدول ۳). با مصرف مناسب کود نیتروژن گیاه با رشد رویشی خوب وارد مرحله زایشی شد که این امر موجب افزایش اندام‌های زایشی و در نتیجه، افزایش عملکرد بوته شد. افزایش جذب عناصر غذایی از قبیل نیتروژن و در نتیجه، افزایش عملکرد و درآمد زارعین در کشت مخلوط گندم - نخود توسط اختر و همکاران (Akhtar *et al*., 2010) گزارش گردیده است.

عملکرد بوته در تیمار کشت خالص نخود زراعی و تیمار جایگزین ۳۳ درصد کینوا به‌جای نخود زراعی به‌ترتیب با ۱۴/۱۱ و ۱۳/۲۶ گرم بیش از تیمارهای دیگر بود (جدول ۴). زیاد بودن تعداد غلاف و تعداد دانه بوته و همچنین وزن دانه در این دو تیمار باعث افزایش عملکرد بوته شد. در این دو تیمار فضا برای رشد نخود زراعی مناسب‌تر بود، لذا بوته‌های نخود زراعی به‌خوبی رشد کردند. در کشت مخلوط جایگزین گلرنگ و نخود زراعی اغلب ویژگی‌های اجزای عملکرد نخود در نسبت کشت مخلوط ۲۵ درصد گلرنگ و ۷۵ درصد نخود بهبود بیشتری یافت و عملکرد دانه با ثبت میانگین ۱۷۳۹ کیلوگرم در هکتار بیشترین افزایش را در کشت خالص این گیاه نشان داد (Esmaeilian & Amiri, 2021).

عملکرد و اجزای عملکرد بوته کینوا

نتایج تجزیه واریانس حاکی از معنی‌دار شدن اثر الگوی کاشت بر ویژگی‌های تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰۰ دانه و عملکرد بوته در سطح یک درصد و بر ارتفاع بوته در سطح پنج درصد بود. تأثیر نیتروژن بر وزن ۱۰۰۰ دانه در سطح پنج درصد و بر بقیه ویژگی‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵).

جدول ۵- میانگین مربعات اثر الگوی کاشت و نیتروژن برای ارتفاع بوته، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰۰ دانه و عملکرد بوته کینوا

Table 5- Mean of squares of planting pattern and nitrogen for plant height, number of seeds per plant, 1000-seed weight, and plant yield

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	ارتفاع بوته Plant height	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000-seed weight	عملکرد بوته Plant yield
تکرار Replication	2	17.41^{ns}*	56129^{ns}	0.058^{ns}	1.167^{ns}
الگوی کاشت Planting pattern (P)	7	55.73*	5185042**	0.169**	54.199**
نیتروژن Nitrogen (N)	2	147.1**	2961728**	0.591*	55.06**
الگوی کاشت × نیتروژن P × N	14	3.974^{ns}	27726^{ns}	0.004^{ns}	0.585^{ns}
Error خطا	46	21.24	90314	0.045	1.513
ضریب تغییرات CV (%)	-	5.83	7.55	8.39	12.06

* حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

* Different alphabets in each column indicate significant differences at p≤0.05 based on LSD

مقایسه میانگین اثر نیتروژن و الگوی کاشت بر ویژگی‌های مورد بررسی کینوا

ارتفاع بوته: مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مصرف کود نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر طول بوته کینوا داشت به‌طوری که

با افزایش مصرف نیتروژن طول بوته کینوا هم افزایش یافت (جدول ۶). حداکثر ارتفاع کینوا با ۸۱/۴۴ سانتی‌متر مربوط به تیمار مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود که با تیمار مصرف ۲۵ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت و حداقل ارتفاع آن با ۷۶/۴۹ سانتی‌متر به تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن تعلق داشت. دلیل این امر را می‌توان به تأثیر نیتروژن بر تولید مواد فتوسنتزی بیش‌تر، افزایش طول میان‌گره‌های ساقه و رقابت بین ساقه‌ها دانست.

طول بوته کینوا در تیمارهای افزایشی و کشت خالص کینوا بیش از جایگزین بود. بیش‌ترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار کشت مخلوط افزایش ۱۰۰ درصد کینوا به نخود زراعی با ۸۲/۹۷ سانتی‌متر بود که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای دیگر کشت مخلوط افزایشی و تیمار کشت خالص کینوا نداشت (جدول ۷). با افزایش تراکم، نور کمتری به داخل پوشش گیاهی نفوذ می‌کند و اکسین تجزیه نمی‌شود. این امر باعث افزایش ارتفاع می‌شود.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر مصرف نیتروژن ارتفاع بوته، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰۰ دانه و عملکرد بوته کینوا

Table 6- The mean comparison of nitrogen consumption on plant height, number of seeds per plant, 1000-seed plant, and of quinoa

صفات Traits / نیتروژن N	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم) 1000-seed weight (g)	عملکرد بوته (گرم) Plant yield (g)
0	76.49[b*]	3585[b]	2.358[b]	8.524[c]
25	79.17[ab]	4092[a]	2.568[a]	10.601[b]
50	81.44[a]	4260[a]	2.665[a]	11.473[a]
LSD (%5)	2.68	174.6	0.123	0.123

* حروف غیر مشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

* Different alphabets in each column indicate significant differences at p≤0.05 based on LSD.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر الگوی کاشت بر ارتفاع بوته، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰۰ دانه و عملکرد بوته کینوا

Table 7- The mean comparison of planting pattern on plant height, number of seeds per plant, 1000- seed weight, and plant yield of quinoa

صفات Traits / الگوی کاشت Planting pattern	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم) 1000-seed weight (g)	عملکرد بوته (گرم) Plant yield (g)
1	75.77[c*]	4988[a]	2.748[a]	13.79[a]
2	77.39[c]	4812[ab]	2.684[ab]	12.96[ab]
3	77.70[c]	4655[b]	2.573[abc]	11.99[b]
4	78.80[abc]	3666[c]	2.497[bcd]	9.193[cd]
5	78.42[bc]	3640[c]	2.472[cd]	9.027[cd]
6	82.52[ab]	3345[d]	2.430[cd]	8.172[d]
7	82.97[a]	2868[e]	2.321[d]	6.688[e]
8	78.69[abc]	3858[c]	2.520[bcd]	9.765[c]
LSD (%5)	4.37	285.2	0.20	1.17

* حروف غیر مشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

۱: کشت مخلوط جایگزین ۳۳ درصد کینوا به‌جای نخود زراعی، ۲: کشت مخلوط جایگزین کینوا به‌جای نخود زراعی، ۳: کشت مخلوط جایگزین ۶۷ درصد کینوا به‌جای نخود زراعی، ۴: کشت مخلوط افزایش ۳۳ کینوا به نخود زراعی، ۵: کشت مخلوط افزایش کینوا به نخود زراعی، ۶: کشت مخلوط افزایش ۶۷ کینوا به نخود زراعی، ۷: کشت مخلوط افزایش ۱۰۰ کینوا به نخود زراعی، ۸: کشت خالص کینوا

* Different alphabet in each column indicates significant difference at p≤0.05 based on LSD.

1: 33% quinoa instead of chickpea, 2: 50% quinoa instead of chickpea, 3: 67%quinoa instead of chickpea, 4: 100% chickpea + 33% quinoa, 5: 100% chickpea + 50% quinoa, 6:100% chickpea + 67% quinoa, 7: 100% chickpea + 100% quinoa, 8: Sole cropping of quinoa

تعداد دانه در بوته: بیش‌ترین تعداد دانه در بوته بـا ۲۴۶۰ مربوط به کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود که تفـاوت معنی‌داری بـا تیمـار کـاربرد ۲۵ کیلـوگرم نیتـروژن در هکتـار نداشت. کمترین تعداد دانه در بوته با ۳۵۸۵ مربـوط بـه تیمـار عدم مصرف نیتروژن بود (جدول ۶). ایـن مسـئله بیـانگر تـأثیر نیتروژن بر باروری گل‌ها و تعداد دانه در بوته می‌باشد.

تیمارهای کشـت مخلـوط جـایگزین تعـداد دانـه در بوتـه بیش‌تری نسبت به تیمارهای کشت مخلوط افزایشـی داشـتند. حداکثر تعداد دانه در بوته در تیمار کشت مخلوط جایگزین ۳۳ درصد کینوا به‌جای نخود زراعی با ۴۹۸۸ مشـاهده شـد کـه بـا تیمار کشت مخلوط جایگزین ۵۰ درصـد کینـوا بـه‌جای نخـود زراعی اختلاف معنی‌دار نداشت. کمترین تعداد دانه در بوتـه بـا ۲۸۶۸ مربوط به تیمار افزایش ۱۰۰ درصد کینوا به نخود زراعی بود (جدول ۷). کاهش تراکم در واحد سطح در تیمارهای کشت مخلوط جایگزین میزان رقابت درون گونه‌ای را کاهش داد و این امر منجر به افزایش این ویژگی شد.

وزن ۱۰۰۰ دانه: مصرف کود نیتروژن تـأثیر معنـی‌داری بـر وزن ۱۰۰۰ دانه کینوا داشت. حداکثر وزن ۱۰۰۰ دانه کینوا بـا ۲/۶۶۵ گرم به کـاربرد ۵۰ کیلـوگرم نیتـروژن در هکتـار تعلـق داشت که این تیمار تفاوت معنی‌داری بـا کـاربرد ۲۵ کیلـوگرم نیتروژن در هکتار با وزن ۱۰۰۰ دانه ۲/۵۶۸ گـرم نداشـت. وزن ۱۰۰۰ دانه کینوا در تیمار عـدم مصـرف نیتـروژن ۲/۳۵۸ گـرم بود.

در تیمار کشت مخلوط جایگزین ۳۳ درصد کینوا بـه‌جای نخود زراعی بالاترین وزن ۱۰۰۰ دانه بـا ۲/۷۴۸ گـرم مشـاهده شد که با تیمارهـای دیگـر کشـت مخلـوط جـایگزین اخـتلاف معنـی‌داری نداشـت. در تیمارهـای کشـت مخلـوط افزایشـی، کمترین وزن ۱۰۰۰ دانه کینوا با ۲/۳۲۱ گرم بـه تیمـار کشـت مخلوط افزایش ۱۰۰ درصد کینوا به نخود زراعی تعلـق داشـت. افزایش تراکم در تیمارهای کشت مخلـوط افزایشـی کـه طبعـاً دریافت نور توسط هر بوته کینوا را کاهش داد، شـرایط را بـرای پرشدن دانه نامناسب کرد و به ایـن ترتیـب، وزن دانـه کـاهش یافت.

عملکرد بوته: حداکثر عملکرد بوته در تیمار ۵۰ کیلـوگرم نیتروژن در هکتار و حداقل عملکرد بوته به تیمار عـدم مصـرف کود نیتروژن مربوط بود (جـدول ۶). بـا مصـرف مناسـب کـود نیتروژن گیاه با رشد رویشی خوب وارد مرحله زایشی شـد کـه این امر موجب افزایش انـدام‌های زایشـی و در نتیجـه، افـزایش عملکرد بوته شد.

حداکثر عملکرد بوته به تیمار کشت مخلوط جایگزین ۳۳ درصد کینوا به‌جای نخود زراعی با ۱۳/۷۹ گرم بود که با تیمـار کشت مخلـوط جـایگزین کینـوا بـه‌جای نخـود زراعـی تفـاوت معنی‌داری نداشت و حـداقل عملکـرد بوتـه مربـوط بـه کشـت خالص کینوا بود (جدول ۷). زیاد بودن تعـداد دانـه بوتـه و وزن دانه در تیمار کشت مخلوط جایگزین ۳۳ درصد کینوا بـه‌جـای نخود زراعی باعث افزایش عملکرد بوته شد. گیاهان زراعی که با تراکم بالا کشت می‌شوند به مقادیر نیتـروژن بیشـتری احتیـاج دارند که از خاک برداشت می‌کنند (Barker, 2016).

نتیجه‌گیری

زمانی که دو گونه گیاهی در کشت مخلوط کنار هـم قـرار می‌گیرند از منابع محیطی بـه‌طور متفـاوتی اسـتفاده می‌کننـد. مصرف نیتروژن همه ویژگی‌ها را افزایش داد. ایـن امـر بـه‌دلیل تأمین نیاز گیاه به نیتروژن علاوه‌بـر تثبیـت نیتـروژن از طریـق همزیستی با *رایزوبیوم* بود که موجب شد رشد گیاه بهتر گـردد. عملکرد بوته نخود زراعی در تیمـار کشـت خـالص و تیمارهـای جایگزین بیش از افزایشی بود. با توجه به بالا بودن تعداد غـلاف در بوته، تعداد دانه در غـلاف، تعـداد دانـه در بوتـه و وزن ۱۰۰ دانه در تیمارهای خالص و جایگزین، این تیمارها عملکـرد بوتـه بالاتری نسبت به تیمارهای افزایشی داشتند. کم بودن تراکم در تیمار کشت خالص و تیمارهای کشت مخلـوط جـایگزین باعـث شد بوته‌ها رقابت کمتـری بـرای جـذب آب، موادغـذایی و نـور داشته باشند که این موضوع باعث افزایش عملکرد بوته شد.

References

Abugoch, L., Castro, E., Tapia, C., Añón, M.C., Gajardo, P., & Villarroel, A. (2009). Stability of quinoa flour proteins (*Chenopodium quinoa*. Willd.) during storage. *International Journal of Food Science and Technology, 44*(10), 2013-2020. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02023.x

Ahlawat, I.P.S., & Gangaiah, B. (2010). Effect of land configuration and irrigation on sole linseed (*Linum usitatissimum*) intercropped chickpea (*Cicer arietenum*). *Indian Journal of Agricultural Science, 80*(3), 250-253.

Ahmadvand, G., & Hajinia, S. (2015). Ecological aspects study of replacement intercropping patterns of soybean (*Glycine max* L.) and millet (*Panicum miliaceum* L.). *Journal of Agroecology, 7*(4), 485-498. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/jag.v7i4.43744

Akhtar M.F.Z., Jamil, M., Ahamd, M., & Abbasi, G.H. (2017). Evaluation of biofertilizer in combination with organic amendments and rock phosphate enriched compost for improving productivity of chickpea and maize. *Soil Environmental, 36*(1), 59-69.

Akhtar, M., Yaqub, M., Iqbal, Z., Ashraf, M.Y., Akhter, J., & Hussain, F. (2010). Improvement in yield and nutrient uptake by cocropping of wheat and chickpea. *Pakistan Journal of Botany, 42*(6), 4043-4049.

Ali, E.A. (2011). Impact of nitrogen application time on grain and protein yields as well as nitrogen use efficiency of some two-row barley cultivars in sandy soil. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, *10*, 425-433.

Alibakhshi, E., & Mirzakhani, M. (2016). Mixed cropping of legumes and maize by the use of urea. *Journal of Crop Ecophysiology, 10*(3), 567-584. (In Persian with English Abstract)

Alizadeh, Y., Koocheki, A., & Nassiri Mahallati, M. (2010). Investigating of growth characteristics, yield, yield components and potential weed control in intercropping of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and vegetative sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agroecology, 2*(3), 383-397. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/jag.v2i3.7652

Barker, A.V. (2016). Science and Technology of Organic Farming. Emam Reza University, Mashhad, Iran. (In Persian).

Chapagain, T., & Riseman, A. (2014). Barley-pea intercropping: Effects on land productivity, carbon and nitrogen transformations. *Field Crops Research, 166*, 18-25. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.06.014

Crabtree, R.J., Prater, J.D., & Mbolda, P., (2000). Long-term wheat soybean and grain sorghum double-cropping under rainfed conditions. *Agronomy Journal, 82*, 683-686. https://doi.org/10.2134/agronj1990.00021962008200040007x

Dai, J., Qiu, W., Wang, N., Wang, T., Nakanishi, H., & Zuo, Y. (2019). From leguminosae/gramineae intercropping systems to see benefits of intercropping on iron nutrition. *Frontiers in plant science, 10*, 605. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00605

Darbaghshahi, M.N., Banitaba, A., & Bahari, B. (2012). Evaluating the possibility of saffron and chamomile mixed culture. *African Journal of Agricultural Research, 7*(20), 3060-3065. https://doi.org/10.5897/AJAR11.999

Doaei, F., Nakhzari Moghaddam, A., Rahemi Karizaki, A., & Aldaghi, M. (2019). Chemical and biological fertilizer management of nitrogen effects on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in different planting dates. *Iranian Journal of Pulses Research, 10*(1), 28-39. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.v10i1.60084

Esmaeilian, Y., & Amiri, M.B. (2021). Agronomic and economic evaluation of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and chickpea (*Cicer arietinium* L.) intercropping under micronutrient applications. *Journal of Crop Ecophysiology*, *15*(1), 1-20. https://doi.org/10.30495/jcep.2021.681003. (In Persian with English Abstract)

Ghorbani, R., Tabrizi, L., Koocheki, A., & Nassiri Mahallati, M., (2010). Field and laboratory investigations in agroecology. Ferdowsi University of Mashhad Press, Iran. p. 372 (In Persian)

Gill, S., Abid, M., & Azam, F. (2009). Mixed cropping effects on growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) and chickpea (*Cicer arietenum* L.). *Pakistan Journal of Botany*, *41*(3), 1029-1036.

Hasan Zadeh Avval, F., Koocheki, A., Khazaei, H., & Nassiri Mahallati, M. (2010). Effect of density on savory (*Satureja hortensis* L.) yield and cultural traits intercropped with Persian clover (*Trifolium resupinatum* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research, 8*(6), 920-929. (In Persian)

Khajehpour, M.R. (2014). Principles and fundamentals of crop production (3rd Ed.). Jahad Daneshgahi Isfahan University of Technology, Iran. (In Persian with English Abstract)

Khalilzade, H., Jahan, M., & Nassiri Mahallati, M. (2016). Estimation of corn (*Zea mays* L.) yield and soil nitrogen via soil electrical conductivity measurement treated with organic, chemical and biological fertilizers. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *13*(4), 786-796. (In Persian with English Abstract)

Maffei, M., & Mucciarelli, A. (2003). Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping. *Field Crops Research*, *84*, 229-240. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00092-3

Mahmoodi, G., Ghanbari, A., & Hossein Panahi, F. (2014). Investigation of multiple competitions of weeds at different corn (*Zea mays* L.) densities. *Iranian Journal of Crops Research*, *12*(1), 118-126. (In Persian with English Abstract)

Mushagalusa, G.N., Ledent J.F., & Draye, X. (2008). Shoot and root competition in potato/maize intercropping: effects on growth and yield. *Environmental and Experimental Botany*, *64*, 180-188. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2008.05.008

Najafi, S., & Keshtehgar, A. (2014). Effect of intercropping on increase yield. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, *8*(5), 549-552.

Nakhzari Moghaddam, A., Salehi Sheikhi, M., Rahemi Karizi, A., & Mohammad Esmaili, M. (2019). The investigation of yield and seed protein of pea cultivars, total yield and LER in intercropping with spinach. *Journal of Crops Improvement*, *21*(4), 435-445. (In Persian with English Abstract)

Nasr Esfahani, M., & Mostajeran, A. (2014). Evaluation of symbiotic effects of different strains of *Mesorhizobium cicer* on drought stress tolerance of chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.). *Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi)*, *103*(3), 123-131. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22092/aj.2014.101213

Raei, Y., Bolandnazar, S.A., & Dameghsi, N. (2011). Evaluation of common bean and potato densities effects on potato tuber yield in mono-cropping and intercropping systems. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *21*(2), 131-142. (In Persian with English Abstract)

Raftari, E., Nakhzari Moghaddam, A., Mollashahi, M., & Hosseini Moghaddam, H., (2019). The effect application of nitrogen level and intercropping ratios of pea (*Pisum sativum*) and lettuce (*Lactuca sativa*). *Iranian Journal of Pulses Research*, *10*(1), 171-181. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.v10i1.65544

Ren, Y., Liuc, J., Wangd, Z., & Zhanga, S. (2016). Planting density and sowing proportions of maize-soybean intercrop affected competitive interactions and water-use efficiencies on the Loess Plateau, China. *European Journal of Agronomy*, *72*, 70-79. https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.10.001

Ruhlemann, L., & Schmidtke, K. (2015). Evaluation of mono-cropped and intercropped grain legumes for cover cropping in no-tillage and reduced tillage organic agriculture. *European Journal of Agronomy*, *65*, 83-94. https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.01.006

Scalise, A., Tortorella, D., Pristeri, A., Petrovicov, B., Gelsomino, A., Lindstrom K., & Monti. M. (2015). Legume barley intercropping stimulates soil N supply and crop yield in the succeeding durum wheat in a rotation under rainfed conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, *89*, 150-161. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.07.003

Soleimanpour, L., Ruhollah Naderi, R., & Najafi-Ghiri, M. (2018). Nitrogen, phosphorous and potassium uptake by crops and weeds in various cereals-legume intercropping systems. *Journal of Plant Process and Function Iranian Society of Plant Physiology*, *7*(24), 229-246. (In Persian with English Abstract)

Sosulski, F.W., & Holt. N.W. (1988). Amino acid composition and nitrogen-to-protein factors for grain legumes. Canadian Journal of Plant Science, 60, 1327–1331. https://doi.org/10.4141/cjps80-187

Undie, U.L., Uwah, D.F., & Attoe, E.E. (2012). Effect of intercropping and crop arrangement on yield and productivity of late season maize/soybean mixtures in the humid environment of south southern Nigeria. *Journal of Agricultural Science*, *4*(4), 37-50. http://dx.doi.org/10.5539/jas.v4n4p37

Yildirim, E., & Turan, M. (2013). Growth, yield and mineral content of broccoli intercropped with lettuce. *Journal of Animal and Plant Sciences*, *23*(3), 919-922.

Zarifpour, N., Naseri. M. T., & Nassiri Mahallati, M. (2014). Evaluate the effect of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) on quantity and quality characteristics of species. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *12*(1), 34-43. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/gsc.v12i1.36635